

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## آنالیز و طراحی سازه‌های بلند

ویرایش جدید - با اصلاحات

برایان استفورد اسمیت  
الکس کول

ترجمه:  
دکتر حسن حاجی کاظمی  
استاد دانشگاه فردوسی مشهد

Stafford Smith, Brayan	استفورد اسمیت، برایان ۱۹۳۱ - م.	سرشناسه:
آنالیز و طراحی سازه‌های بلند (ویرایش جدید - با اصلاحات) / تألیف برایان استفورد اسمیت، الکس کول؛ ترجمه حسن حاجی کاظمی.		عنوان و نام پدیدآور:
ویراست ۲		وضعیت ویراست:
مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۲.		مشخصات نشر:
۵۳۶ ص. مصور، جدول، نمودار.		مشخصات ظاهری:
انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۲۰۶.		فروست:
ISBN: 978-964-6335-67-7		شابک:
	فیبا.	وضعیت فهرست‌نویسی:
Tall building structures: analysis and design, c1991.	عنوان اصلی:	یادداشت:
	کتابنامه.	یادداشت:
	ساختمان‌های بلند - طرح و ساختمان.	موضوع:
	مهندسی سازه.	موضوع:
Coull, Alex	کول، الکس	شناسه افزوده:
	حاجی کاظمی، حسن، ۱۳۲۹ - مترجم.	شناسه افزوده:
	دانشگاه فردوسی مشهد.	شناسه افزوده:
	TH ۱۶۱۱/الف ۱۵۸ ۱۳۹۲	رده‌بندی کنگره:
	۶۹۰	رده‌بندی دیویی:
	۳۴۳۶۱۹۶	شماره کتابشناسی ملی:

## آنالیز و طراحی سازه‌های بلند

پدیدآورندگان: برایان استفورد اسمیت؛ الکس کول  
ترجمه: دکتر حسن حاجی کاظمی  
مشخصات: وزیری، ۲۰۰ نسخه، چاپ هفتم، زمستان ۱۴۰۱ (اول، ۱۳۷۵)  
چاپ و صحافی: چاپخانه دقت  
بها: ۲/۴۰۰/۰۰۰ ریال  
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.



### مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس  
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)  
مؤسسه کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست  
گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)  
مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نیش خیابان نظری، شماره ۱۴۲  
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: [press@um.ac.ir](mailto:press@um.ac.ir)

## پیشگفتار مترجم

از آن جا که تاکنون کتاب جامعی در زمینه تحلیل و طراحی سازه‌های بلند به زبان فارسی منتشر نشده است، مترجم از مدت‌ها قبل در این اندیشه بود که کتاب مناسبی در این زمینه را به فارسی برگرداند و دانشجویان و مهندسان را با یکی از مباحث پیچیده علم مهندسی سازه آشنا کند. یک سال فرصت مطالعاتی در دانشگاه مک گیل کانادا این امکان را برای مترجم فراهم آورد تا با استادان فن سازه‌های بلند، بویژه پروفسور استفورد اسمیت از نزدیک تماس برقرار نموده و از راهنمایی و تشویق نامبرده در جهت ترجمه کتاب حاضر بهره‌مند گردد. نتیجه تلاش‌های بعد از آن کتابی است که در پیش روی شما قرار گرفته است.

این کتاب به وسیله پروفسور استفورد اسمیت استاد دانشگاه مک گیل کانادا و پروفسور الکس کول استاد دانشگاه گلاسکو اسکاتلند که هر دو در این رشته از سازه دارای اعتبار جهانی هستند نگاشته شده است. به گفته نویسندگان، کتاب حاضر چکیده ۲۵ سال تلاش پژوهشی و تجربه اجرایی آنان است. واضح است که ارائه ساده مطالب سنگین در یک جلد بیانگر تسلط کامل نویسندگان بر موضوع است.

تلاش مترجم براین بوده است که در حد امکان از ساختن اصطلاحات و واژه‌های نامأنوس پرهیز نماید. به این منظور اصل کلمات کمتر آشنا در پای هر صفحه ارائه شده است.

مترجم بر خود لازم می‌داند از زحمات آقایان مهندس احسان یمینی و دکتر مهراله رخشانی مهر که عهده دار ویراستاری علمی و ادبی چاپ جدید بوده‌اند سپاسگزاری کند. از دانشجویان و اساتید دانشگاه‌ها که با علاقه‌مندی تمام کتاب را بازخوانی نموده و در جهت بهبود کیفی آن نکات ارزنده‌ای را یادآوری کردند نیز تشکر میشود. همچنین، از زحمات سرکار خانم تکتم هوشمند برای دقت و مهارت در تایپ و صفحه‌آرایی مجدد کتاب و آماده‌سازی آن برای چاپ جدید صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

بدیهی است این اثر خالی از اشتباه نیست، لذا از همکاران گرامی، اساتید ارجمند و دانشجویان عزیز انتظار می‌رود که اشتباهات و کاستی‌ها را یادآوری فرمایند.

حسن حاجی کاظمی

چاپ سوم - پائیز ۹۲

**press.um.ac.ir**

## پیشگفتار نویسندگان

این کتاب حاصل ۲۵ سال تحقیق نویسندگان در موضوع ساختار ساختمانهای بلند است. تحقیقات نویسندگان از اواسط دهه ۱۹۶۰ در دانشگاه Southampton انگلستان شروع شد و پس از آن در دانشگاه های McGill، Surrey، Strathclyde و Glasgow ادامه یافته است.

در ابتدای این دوران، تکامل فرمهای جدید سازه‌ای حرکتی نوین در ارائه روشهای آنالیز پدید آورد. در ربع بعدی قرن، پیشرفتهای قابل توجهی در طراحی و اجرای ساختمانهای بلند، در سراسر جهان رخ داده و روشهای جدید آنالیز ارائه گردیده است.

در گذشته، فقط روشهای تقریبی آنالیز برای فرمهای سازه‌ای دوبعدی در دسترس بود و آنالیز سیستم‌های سه بعدی پیچیده، امری غیرممکن به نظر می‌رسید. به مرور زمان پیشرفتهای قابل توجهی در سخت‌افزار و نرم‌افزار کامپیوتر حاصل گردید؛ توانایی کامپیوترها به سرعت افزایش یافته و تعداد زیادی نرم‌افزار آنالیز براساس روش سختی تدوین شد. اکنون می‌توان گفت که آنالیز نسبتاً دقیق هر سازه پیچیده‌ای امکان‌پذیر است و تنها محدودیت موجود، ظرفیت کامپیوترهای در دسترس، زمان و هزینه محاسبات می‌باشد.

به هر حال باید از توانایی امکانات بوجود آمده به نحو احسن استفاده شود. سازه‌های ساختمانهای حقیقی آن قدر پیچیده هستند که حتی دقیق‌ترین مدل‌های محاسباتی باید به مقدار زیادی ساده سازی شوند. نتیجه آنالیز همیشه تقریبی است و دقت آن تابعی از کیفیت مدل و روش آنالیز انتخابی می‌باشد. بنابراین می‌توان مدلی از سازه حقیقی ایجاد نمود که با دقت مطلوب، بازدهی مناسب و در حد امکان اقتصادی، پاسخ ساختمان به نیروهای اعمالی را مشخص کند. معمولاً مدل‌های مورد استفاده در مراحل اولیه طراحی، ساده تر از مدل‌های مراحل نهایی و کنترل می‌باشند.

مدل سازی سازه، مشکل ترین وظیفه طراح است که انجام آن نیاز به بینش صحیح و دانش کافی از رفتار اعضای تشکیل دهنده سازه ساختمان بلند دارد. ضمناً نتایج آنالیز، برای این که مرجع و مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری باشد، باید به خوبی تفسیر شود و با هوشیاری مورد بررسی قرار گیرد.

هم اکنون سرعت پیشرفتهای سریع گذشته کمتر شده و عصر یکنواخت سازی و کاربردی نمودن نتایج تحقیقات شروع شده است. با این حال بسیاری از نتایج تحقیقات هنوز به شکل مقاله در نشریات علمی هستند، که بطور معمول در دسترس مهندسان طراح نمی‌باشد. جمع‌آوری کلیه

مطالعات و ارائه آن‌ها به صورت قابل استفاده و کاربردی، از نیازهای اساسی کنونی و مهم ترین هدف کتاب حاضر است.

پوشش جامع و کامل کلیه مطالب مربوط به سازه‌های بلند در یک جلد کتاب امکان پذیر نیست. لذا در این جا تمرکز فقط بر سازه های ساختمانی خواهد بود. مطالب مهمی نظیر طراحی پی ها، روشهای اجرایی، مقاومت در برابر آتش و برنامه ریزی و اقتصاد اجباراً حذف شده اند. هدف اصلی، تمرکز بر موارد سازه ای است که تابعی از کیفیت بلندی ساختمان می باشد؛ لذا موارد مشترک با سازه های معمولی، عموماً مورد بررسی عمیق قرار نگرفته اند.

قسمت اعظم کتاب، به تبیین روشهای اصولی آنالیز رفتاری انواع ساختارهای سازه ای ساختمانهای بلند، شامل سیستم های قاب-دیوار برشی، جداره ای، هسته و مهاربند بازویی اختصاص یافته است. روشهای دقیق کامپیوتری و روشهای تقریبی آنالیز نیز معرفی شده اند. روشهای تقریبی ضمن دارا بودن ارزشهای آنالیز برای سازه های ساده معمولی، معرف مهمترین کنشها و مودهای رفتاری اعضای تشکیل دهنده سازه هستند و لذا راهنمای بسیار مفیدی برای مهندسان در ایجاد مدل سازی مناسب خواهند بود.

در فصل های اولیه کتاب، راجع به نیروهای اعمالی بر سازه، معیارهای مهم و خاص طراحی سازه های ساختمان بلند و انواع فرمهای سازه ای ابداعی؛ از اوایل قرن تاکنون، بحث شده است. یک فصل مهم به مدل سازی سازه های حقیقی برای آنالیز اولیه و نهایی اختصاص یافته است. بررسی پایداری و اهمیت خزش و آبرفتگی در ساختمانهای بلند بتنی نیز مورد توجه خاص قرار گرفته است.

در فصلهای آخرین، مسایل مربوط به پاسخ دینامیکی سازه تحت اثر نیروهای باد و زلزله، شامل واکنش انسان به حرکات ساختمان، مورد بحث قرار گرفته است.

اضافه بر مراجع مناسب هر فصل، کتاب شناسی مختصری نیز در انتها ارائه گردیده است. کتاب شناسی در برگیرنده اهداف متعددی است که مهمترین آنها عبارتند از: معرفی مقالات مهم، معرفی و پیشنهاد کارهای مهمی که خود شامل تعداد زیادی مرجع هستند و همچنین ارجاع به مقالاتی که شامل مطالب اضافه بر مفاد فصل های مختلف کتاب می باشند. مراجع بسیار متنوع هستند، ولی محدودیت صفحات اجازه معرفی کامل آنها را نمی دهد. بنابراین از پژوهشگرانی که نام آنها به دلیل محدودیت حجم کتاب یا فراموشی نویسندگان ذکر نشده است، پوزش می خواهیم.

با توجه به تنوع سیستم های کاربردی کشورهای مختلف، تصمیم گرفته شد که در مثالهای عددی از یک واحد اندازه گیری خاص استفاده نشود. لذا در مسایل هر دو سیستم SI و US مشاهده می شود.

کتاب برای دو گروه نگاشته شده است: ۱- به دلیل گسترش فعالیتهای طراحی و اجرای ساختمانهای بلند در همه کشورهای دنیا، این کتاب مورد استفاده مهندسان سازه خواهد بود. ۲- با تنظیم منطقی و منسجم مطالب، انتظار می رود که کتاب هم به صورت مستقل قابل مطالعه باشد و هم به عنوان کتاب درسی دوره تحصیلات تکمیلی و سالهای آخر دوره کارشناسی مفید واقع گردد.

در نگارش کتاب، نویسندگان مدیون دوستان، همکاران دانشگاهی، همکاران اجرایی و مجمع CTBUH<sup>۱</sup>، جانشین کمیته ICPDTB<sup>۲</sup> که از ابتدای تأسیس با آن همکاری داشته اند، می باشند. امتیاز ویژه کار در دانشگاه همفکری با متفکران جوان است. در نتیجه، نویسندگان بیش از همه مدیون دانشجویان پژوهشگر خود می باشند که در طی سالیان دراز سهم به سزایی در پیشرفت داشته اند. نام بسیاری از آنان در مراجع و کتاب شناسی آمده است و بسیاری از آنان هم اکنون در زمره افراد سرشناس این فن هستند.

گرچه مطالب کتاب در طی مدت زمانی طولانی تدوین گردیده است، نویسندگان از نظرات پروفیسور Joseph Schwaighofer از دانشگاه تورنتو، در مراحل اولیه برنامه ریزی نگارش، قدردانی می کنند.

در نهایت، نویسندگان زحمات Ann Bless، Regina Gaiotti، Marie Jose Nollet و دانشگاه مک گیل، Andrea Green از دانشگاه کوئینز و June Lawn و Tessa Bryden از دانشگاه گلاسگو را به خاطر کمک شایان در آماده سازی کتاب، ارج می نهند.

B. Stafford Smith                      مونترال کانادا  
A. Coull                                      گلاسگو، اسکاتلند  
ژانویه، ۱۹۹۱

1 - Council on Tall Building and Urban Habitat.

2 - International Committee for the Planning and Design of Tall Buildings.

**press.um.ac.ir**



## فهرست مطالب

۱۹	فصل اول : ساختمانهای بلند
۱۹	۱-۱ ساختمان های بلند و نیازها
۲۰	۲-۱ عوامل مؤثر بر روند افزایش ارتفاع و توسعه فرمهای سازه‌ای
۲۳	۳-۱ سازه ساختمان بلند
۲۵	۱-۳-۱ روند طراحی
۲۶	۴-۱ مطالب مورد بحث
۲۷	۵-۱ هدف
۲۷	مراجع
۲۹	فصل دوم : ضوابط طراحی
۳۰	۱-۲ فلسفه طراحی
۳۰	۲-۲ بارگذاری
۳۱	۱-۲-۲ بارگذاری تدریجی
۳۱	۳-۲ مقاومت و پایداری
۳۲	۴-۲ محدودیتهای سختی و جابه‌جایی
۳۴	۵-۲ معیار آسایش
۳۵	۶-۲ خزش، آبرفتگی و اثرات حرارت
۳۵	۷-۲ آتش‌سوزی
۳۶	۸-۲ نشست پی و اثرات متقابل خاک و پی
۳۷	خلاصه
۳۸	مراجع
۳۹	فصل سوم: بارگذاری
۴۰	۱-۳ بارگذاری قائم
۴۰	۱-۱-۳ روشهای کاهش بار زنده
۴۲	۲-۱-۳ بارهای قائم ضربه‌ای
۴۲	۳-۱-۳ بارهای اجرایی
۴۳	۲-۳ بارگذاری باد

۴۴	..... روش ساده استاتیکی
۴۵	..... روش دینامیکی
۴۷	..... بارگذاری زلزله
۴۸	..... روش بارجانبی معادل
۵۱	..... روش آنالیز مودال
۵۲	..... ترکیبهای بارگذاری
۵۲	..... طرح تنشهای مجاز
۵۳	..... طرح حد نهایی
۵۳	..... طرح خمیری
۵۴	..... خلاصه

### فصل چهارم : فرمهای سازه‌ای

۶۱	..... ۱-۴ فرمهای سازه‌ای
۶۱	..... ۱-۱-۴ قابهای مهاربندی شده
۶۲	..... ۲-۱-۴ قابهای صلب
۶۳	..... ۳-۱-۴ قابهای میان پر
۶۴	..... ۴-۱-۴ تاوهای تخت و قارچی
۶۵	..... ۵-۱-۴ دیوارهای برشی
۶۷	..... ۶-۱-۲ سازه‌های قاب-دیوار
۶۸	..... ۷-۱-۴ قابهای محیطی
۷۲	..... ۸-۱-۴ سازه‌های با مهار بازویی
۷۳	..... ۹-۱-۴ سازه‌های معلق
۷۵	..... ۱۰-۱-۴ سازه‌های هسته‌ای
۷۵	..... ۱۱-۱-۴ سازه‌های فضا کار
۷۶	..... ۱۲-۱-۴ سازه‌های پیوندی
۷۸	..... ۲-۴ سیستم کف
۷۸	..... خلاصه

### فصل پنجم : مدل سازی برای آنالیز

۸۱	..... ۱-۵ روشهای آنالیز
۸۲	..... ۱-۱-۵ آنالیز اولیه
۸۲	..... ۲-۱-۵ آنالیز ثانویه و نهایی
۸۳	..... ۳-۱-۵ روش پیوندی آنالیز اولیه و نهایی

۸۴	..... ۲-۵ فرضیات
۸۴	..... ۱-۲-۵ مواد
۸۴	..... ۲-۲-۵ اعضای مؤثر بر رفتار سازه
۸۵	..... ۳-۲-۵ کفها
۸۵	..... ۴-۲-۵ سختیهای قابل چشم پوشی
۸۵	..... ۵-۲-۵ تغییر شکل‌های قابل چشم پوشی
۸۵	..... ۶-۲-۵ ترک خوردگی
۸۵	..... ۳-۵ رفتار سازه بلند
۸۷	..... ۴-۵ مدل سازی برای آنالیز تقریبی
۸۸	..... ۱-۴-۵ مدل تقریبی مجموعه‌های خمشی
۹۲	..... ۲-۴-۵ مدل سازی تقریبی تاوه‌ها
۹۳	..... ۳-۴-۵ مدل سازی آنالیز پیوسته
۹۳	..... ۵-۵ مدل سازی برای آنالیز دقیق
۹۵	..... ۱-۵-۵ قابهای مسطح
۹۶	..... ۲-۵-۵ دیوارهای برشی مسطح
۹۸	..... ۳-۵-۵ سازه‌های قاب و دیوار سه بعدی
۱۰۱	..... ۴-۵-۵ اثرات P-Δ
۱۰۲	..... ۵-۵-۵ مدل جامع
۱۰۳	..... ۶-۵ روشهای ساده سازی
۱۰۳	..... ۱-۶-۵ تقارن و عدم تقارن
۱۰۴	..... ۲-۶-۵ مدل‌های دوبعدی سازه‌های بدون چرخش
۱۰۹	..... ۳-۶-۵ مدل‌های دو بعدی با قابلیت انتقال و چرخش
۱۱۳	..... ۴-۶-۵ جمع سازی
۱۱۷	..... ۵-۶-۵ شبیه‌سازی ستون عریض - تیر عمیق
۱۱۹	..... خلاصه
۱۱۹	..... مراجع

۱۲۱	..... <b>فصل ششم: قابهای مهاربندی شده</b>
۱۲۲	..... ۱-۶ انواع مهاربندی
۱۲۳	..... ۲-۶ رفتار مهاربندها
۱۲۷	..... ۳-۶ رفتار مجموعه‌های خمشی مهاربندی شده
۱۲۹	..... ۴-۶ روشهای آنالیز
۱۲۹	..... ۱-۴-۶ آنالیز نیروی اعضا

۱۳۱	..... ۲-۴-۶ آنالیز جابه‌جایی
۱۳۵	..... ۳-۴-۶ مثال آنالیز جابه‌جایی به روش تقریبی
۱۳۹	..... ۵-۶ ابرمهاربندها
۱۴۳	..... خلاصه
۱۴۴	..... مراجع

### فصل هفتم : قابهای صلب ..... ۱۴۵

۱۴۶	..... ۱-۷ رفتار قاب صلب
۱۴۸	..... ۲-۷ تعیین تقریبی نیروهای اعضای تحت اثر بار قائم
۱۴۸	..... ۱-۲-۷ نیروهای شاه تیرها- مقادیر پیشنهادی آیین نامه
۱۴۹	..... ۳-۷ آنالیز تقریبی نیروهای اعضای تحت اثر بار افقی
۱۴۹	..... ۱-۳-۷ جایگزینی بار در مجموعه‌های خمشی
۱۵۱	..... ۲-۳-۷ آنالیز نیروی اعضا به روش پرتال
۱۵۲	..... ۳-۳-۷ آنالیز تقریبی به روش طره‌ای
۱۵۳	..... ۴-۳-۷ آنالیز تقریبی قابهای صلب با عقب نشینی
۱۵۴	..... ۴-۷ آنالیز تقریبی جابه‌جایی
۱۵۵	..... ۱-۴-۷ مؤلفه‌های جابه‌جایی
۱۵۹	..... ۲-۴-۷ اصلاح جابه‌جایی اضافی
۱۶۰	..... ۳-۴-۷ صلیبیت برشی مؤثر (GA)
۱۶۲	..... ۵-۷ سازه تاوه تخت- مدل قاب صلب
۱۶۲	..... ۱-۵-۷ مثال حل شده
۱۶۴	..... ۶-۷ آنالیز کامپیوتری قابهای صلب
۱۶۴	..... ۷-۷ ساده سازی قابهای صلب برای آنالیز
۱۶۵	..... ۱-۷-۷ قاب با شاه تیرهای معادل
۱۶۷	..... ۲-۷-۷ قاب جایگزین یک دهانه
۱۶۹	..... خلاصه
۱۷۰	..... مراجع

### فصل هشتم : قابهای میان پر ..... ۱۷۱

۱۷۳	..... ۱-۸ رفتار قابهای میان پر
۱۷۴	..... ۲-۸ نیروهای داخلی پرکننده و قاب
۱۷۵	..... ۱-۲-۸ تنش در پرکننده‌ها

۱۷۷	.....	۲-۲-۸ نیروهای قاب
۱۷۸	.....	۳-۸ روش طراحی
۱۷۸	.....	۱-۳-۸ طراحی پرکننده
۱۸۱	.....	۲-۳-۸ طراحی قاب
۱۸۱	.....	۳-۳-۸ تغییر مکان افقی
۱۸۲	.....	۴-۸ خلاصه روش طراحی
۱۸۲	.....	۱-۴-۸ محدودیتها
۱۸۳	.....	۲-۴-۸ طراحی دیوار پرکننده
۱۸۳	.....	۳-۴-۸ طراحی قاب
۱۸۴	.....	۴-۴-۸ تغییر مکانها
۱۸۴	.....	۵-۸ مثال حل شده قاب میان پر
۱۸۶	.....	خلاصه

۱۸۹	.....	<b>فصل نهم: دیوارهای برشی</b>
۱۹۰	.....	۱-۹ رفتار سازه‌های دیوار برشی
۱۹۱	.....	۲-۹ آنالیز سیستم‌های متناسب
۱۹۱	.....	۱-۲-۹ سازه‌های متناسب غیرچرخشی
۱۹۲	.....	۲-۲-۹ سازه‌های متناسب چرخشی
۱۹۵	.....	۳-۹ سازه‌های نامتناسب
۱۹۵	.....	۱-۳-۹ سازه‌های نامتناسب غیر چرخشی
۲۰۳	.....	۲-۳-۹ سازه‌های نامتناسب چرخشی
۲۰۵	.....	۴-۹ رفتار سازه‌های نامتناسب
۲۰۷	.....	۵-۹ اثرات ناپیوستگی در پای دیوار
۲۰۸	.....	۶-۹ آنالیز تنش در دیوارهای برشی
۲۱۱	.....	۱-۶-۹ آنالیز اجزای محدود غشایی
۲۱۱	.....	۲-۶-۹ آنالیز قاب مدل
۲۱۵	.....	خلاصه
۲۱۶	.....	مراجع

۲۱۷	.....	<b>فصل دهم: دیوارهای برشی کوپل</b>
۲۱۷	.....	۱-۱۰ رفتار دیوارهای برشی کوپل
۲۱۹	.....	۲-۱۰ روشهای آنالیز

۲۲۱	۳-۱۰ روش محیط پیوسته .....
۲۲۱	۱-۳-۱۰ معادلات دیفرانسیل حاکم .....
۲۲۶	۲-۳-۱۰ حل عمومی معادلات حاکم .....
۲۲۸	۳-۳-۱۰ حل حالت‌های بارگذاری استاندارد .....
۲۳۵	۴-۳-۱۰ روش ترسیمی .....
۲۳۹	۵-۳-۱۰ دیوارهای برشی کوپل با دو ردیف بازشو متقارن .....
۲۴۰	۶-۳-۱۰ مثال حل شده .....
۲۴۷	۷-۳-۱۰ دیوارهای برشی کوپل با شرایط تکیه‌گاهی متفاوت .....
۲۵۰	۴-۱۰ آنالیز کامپیوتری به کمک شبیه‌سازی قاب .....
۲۵۱	۱-۴-۱۰ آنالیز قاب مشابه .....
۲۵۶	۵-۱۰ آنالیز کامپیوتری به کمک اجزای محدود غشایی .....
۲۵۸	خلاصه .....
۲۵۹	مراجع .....

## ۲۶۱ فصل یازدهم: سازه‌های قاب-دیوار .....

۲۶۲	۱-۱۱ رفتار قاب-دیوارهای متقارن .....
۲۶۴	۲-۱۱ تئوری تقریبی قاب-دیوارها .....
۲۶۷	۱-۲-۱۱ معادلات دیفرانسیل حاکم .....
۲۶۹	۲-۲-۱۱ حل بارگذاری گسترده یکنواخت .....
۲۷۰	۳-۲-۱۱ نیروهای دیوار و قاب .....
۲۷۳	۴-۲-۱۱ حل بارگذاری متناوب .....
۲۷۳	۵-۲-۱۱ تعیین صلیب برشی .....
۲۷۴	۳-۱۱ آنالیز ترسیمی .....
۲۷۶	۴-۱۱ مثال حل شده به روش آنالیز تقریبی .....
۲۸۳	۵-۱۱ آنالیز کامپیوتری .....
۲۸۴	۶-۱۱ ویژگی‌های طراحی سازه‌های قاب-دیوار .....
۲۸۵	۱-۶-۱۱ سازه بهینه .....
۲۸۵	۲-۶-۱۱ قطع دیوارهای برشی .....
۲۸۶	۳-۶-۱۱ افزایش اندرکنش متمرکز .....
۲۸۷	خلاصه .....
۲۸۸	مراجع .....

۲۹۷	فصل دوازدهم : سازه‌های جداره‌ای
۲۹۰	۱-۱۲ رفتار سازه‌های جداره‌ای
۲۹۰	۱-۱۲-۱ قابهای محیطی
۲۹۴	۱-۱۲-۲ قابهای محیطی دسته شده
۲۹۵	۱-۱۲-۳ قابهای محیطی مهاربندی شده
۳۰۳	۲-۱۲ آنالیز سه بعدی
۳۰۴	۳-۱۲ مدل‌های ساده شده آنالیز سازه‌های جداره‌ای متقارن
۳۰۵	۱-۳-۱۲ تبدیل قاب محیطی سه بعدی به قاب مسطح معادل
۳۱۱	۲-۳-۱۲ قابهای محیطی دسته شده
۳۱۳	۳-۳-۱۲ قابهای محیطی با مهاربند قطری
۳۱۴	خلاصه
۳۱۵	مراجع

317	فصل سیزدهم : هسته‌ها
۳۱۹	۱-۱۳ اصول رفتار تائیدگی مقطع
۳۲۴	۲-۱۳ خواص مقطع هسته‌های جدار نازک تحت اثر خمش
۳۲۴	۱-۲-۱۳ مختصات قطاعی $\omega'$
۳۲۶	۲-۲-۱۳ مرکز برش
۳۲۷	۳-۲-۱۳ دیاگرام مختصات قطاعی اصلی ( $\omega$ )
۳۲۹	۴-۲-۱۳ ممان اینرسی قطاعی $I_{\omega}$
۳۳۰	۵-۲-۱۳ ثابت $J$
۳۳۰	۶-۲-۱۳ محاسبه خواص مقطع: مثال حل شده
۳۳۲	۳-۱۳ تئوری تائیدگی گیردار هسته‌های یکنواخت تحت اثر پیچش
۳۳۳	۱-۳-۱۳ معادلات دیفرانسیل حاکم
۳۳۴	۲-۳-۱۳ حل پیچش گسترده یکنواخت
۳۳۶	۳-۳-۱۳ تشه‌های تائیدگی
۳۳۸	۴-۳-۱۳ هسته‌های با مقطع نیمه بسته
۳۳۹	۵-۳-۱۳ نیروهای تیرهای اتصالی
۳۴۲	۶-۳-۱۳ حل بارگذاری‌های متناوب
۳۴۲	۴-۱۳ آنالیز به کمک منحنیهای طراحی
۳۴۳	۵-۱۳ مثال - آنالیز یک هسته با استفاده از روابط و منحنی‌های طراحی
۳۵۰	۶-۱۳ آنالیز کامپیوتری هسته‌ها
۳۵۱	۱-۶-۱۳ آنالیز مدل اجزای محدود غشایی

۳۵۴	.....	۱۳-۶-۲ آنالیز قاب شبیه‌سازی شده
۳۵۴	.....	۱۳-۶-۳ شبیه‌سازی دو ستونی
۳۵۹	.....	۱۳-۶-۴ مدل تک ستون تاییده
۳۶۳	.....	خلاصه
۳۶۴	.....	مراجع

### فصل چهاردهم : سازه‌های با مهاربازویی ..... ۳۶۵

۳۶۸	.....	۱۴-۱ روش آنالیز
۳۶۸	.....	۱۴-۱-۱ فرضیات آنالیز
۳۶۹	.....	۱۴-۱-۲ آنالیز سازگاری سازه‌های با دو مهاربازویی
۳۷۲	.....	۱۴-۱-۳ آنالیز نیروها
۳۷۳	.....	۱۴-۱-۴ آنالیز تغییر مکانهای افقی
۳۷۳	.....	۱۴-۲ حل عمومی نیروها و تغییر مکانها
۳۷۴	.....	۱۴-۲-۱ لنگرهای گیرداری
۳۷۵	.....	۱۴-۲-۲ تغییر مکانهای افقی
۳۷۵	.....	۱۴-۳ موقعیت بهینه مهارهای بازویی
۳۷۸	.....	۱۴-۴ کارآیی سازه‌های با مهاربازویی
۳۷۹	.....	۱۴-۴-۱ موقعیت بهینه مهارهای بازویی
۳۷۹	.....	۱۴-۴-۲ انعطاف پذیری مهاربازویی
۳۸۰	.....	۱۴-۴-۳ بازدهی سازه‌های با مهاربازویی
۳۸۰	.....	۱۴-۴-۴ سایر شرایط بارگذاری
۳۸۲	.....	خلاصه
۳۸۳	.....	مراجع

### فصل پانزدهم : تئوری عمومی ..... ۳۸۵

۳۸۸	.....	۱۵-۱ تئوری دیوار کوپل
۳۹۱	.....	۱۵-۲ مفهوم فیزیکی معادله تغییر مکان
۳۹۲	.....	۱۵-۳ کاربرد تئوری در انواع دیگر مجموعه‌های خمشی
۳۹۲	.....	۱۵-۳-۱ تعیین پارامترهای صلیبت
۳۹۴	.....	۱۵-۳-۲ محاسبه تغییر مکان
۳۹۵	.....	۱۵-۴ کاربرد تئوری در مجموعه‌های خمشی مختلط
۳۹۷	.....	۱۵-۵ دقت روش



۳۹۸	..... ۱۵-۶ مثال عددی
۴۰۰	..... خلاصه
۴۰۱	..... مراجع

### فصل شانزدهم: پایداری ساختمانهای بلند..... ۴۰۳

۴۰۵	..... ۱-۱۶ آنالیز کمانش قابها: روشهای تقریبی
۴۰۵	..... ۱-۱-۱۶ مود برشی
۴۰۶	..... ۲-۱-۱۶ مود خمشی
۴۰۷	..... ۳-۱-۱۶ ترکیب مودهای خمشی و برشی
۴۰۷	..... ۲-۱۶ آنالیز کمانش کلی قاب-دیوارها
۴۰۷	..... ۱-۲-۱۶ روش آنالیز
۴۱۱	..... ۲-۲-۱۶ مثال: پایداری سازه قاب-دیوار
۴۱۳	..... ۳-۱۶ اثرات ثانویه بارهای وزنی
۴۱۳	..... ۱-۳-۱۶ اثرات P-Δ
۴۱۵	..... ۲-۳-۱۶ آنالیز P-Δ با ضریب بزرگنمایی
۴۱۶	..... ۳-۳-۱۶ آنالیز تکراری P-Δ
۴۱۸	..... ۴-۳-۱۶ آنالیز تکراری P-Δ بار قائم
۴۲۰	..... ۵-۳-۱۶ آنالیز مستقیم P-Δ
۴۲۱	..... ۴-۱۶ آنالیز همزمان درجه اول و P-Δ
۴۲۲	..... ۱-۴-۱۶ تشکیل ماتریس درجه دوم
۴۲۴	..... ۲-۴-۱۶ ستون با سطح برش منفی
۴۲۶	..... ۳-۴-۱۶ ستون با سختی خمشی منفی
۴۲۷	..... ۵-۱۶ ناپایداری انتقالی - پیچشی
۴۲۹	..... ۶-۱۶ اثرات نقص اولیه
۴۲۹	..... ۷-۱۶ سختی اعضا در محاسبه پایداری
۴۳۰	..... ۸-۱۶ اثرات چرخشی پی
۴۳۲	..... خلاصه
۴۳۳	..... مراجع

### فصل هفدهم: آنالیز دینامیکی..... ۴۳۵

۴۳۷	..... ۱-۱۷ پاسخ دینامیکی به بار باد
۴۳۷	..... ۱-۱-۱۷ حساسیت سازه‌ها نسبت به نیروهای باد

۴۳۹	.....	۲-۱-۱۷ پاسخ سازه به نیروهای باد
۴۴۱	.....	۳-۱-۱۷ پاسخ در جهت باد
۴۴۷	.....	۴-۱-۱۷ پاسخ عمود بر جهت باد
۴۴۷	.....	۵-۱-۱۷ مثال
۴۴۹	.....	۲-۱۷ پاسخ دینامیکی به حرکات زلزله
۴۴۹	.....	۱-۲-۱۷ پاسخ ساختمانهای بلند به شتاب زمین
۴۵۳	.....	۲-۲-۱۷ آنالیز طیف پاسخ
۴۶۹	.....	۳-۲-۱۷ روابط تجربی برای فرکانس طبیعی مبنا
۴۷۲	.....	۴-۲-۱۷ نسبتهای میرایی
۴۷۳	.....	۳-۱۷ معیار آسایش: واکنش روانی انسان به حرکت زمین
۴۷۳	.....	۱-۳-۱۷ دیدگاه افراد از حرکت ساختمان
۴۷۴	.....	۲-۳-۱۷ حدود محسوسات
۴۷۸	.....	۳-۳-۱۷ استفاده از معیار آسایش در طراحی
۴۸۰	.....	خلاصه
۴۸۱	.....	مراجع

### فصل هجدهم: اثرات خزش، آبرفتگی و حرارت

۴۸۳	.....	۱-۱۸ اثرات حرکات نسبی
۴۸۳	.....	۲-۱۸ طراحی برای حرکات نسبی
۴۸۵	.....	۳-۱۸ اثرات خزش و آبرفتگی
۴۸۶	.....	۱-۳-۱۸ عوامل مؤثر بر حرکات ناشی از خزش و آبرفتگی بتن
۴۸۶	.....	۲-۳-۱۸ تعیین مقدار کوتاه شدگی دیوارها و ستونها
۴۹۱	.....	۳-۳-۱۸ تأثیر فولاد بر تنشهای ناشی از خزش و آبرفتگی در ستونها
۴۹۴	.....	۴-۳-۱۸ مثال حل شده
۴۹۵	.....	۵-۳-۱۸ تأثیر کوتاه شدگی قائم بر رفتار سازه‌ای اعضای افقی
۴۹۷	.....	۴-۱۸ اثرات حرارت
۴۹۹	.....	خلاصه
۵۰۲	.....	مراجع
۵۰۳	.....	

### پیوست ۱: روابط و نمودارهای طراحی دیوارهای برشی کوپل

۵۰۵	.....	پ ۱-۱ روابط و نمودارهای طراحی حالت‌های بارگذاری
۵۰۵	.....	پ-۱-۱-۱ روابط بار متمرکز در بالا و بار گسترده مثلثی
۵۰۵	.....	بار متمرکز P در بالا
۵۰۶	.....	

بارگذاری گسترده مثلثی با شدت  $p(z/H)$  ..... ۵۰۶  
پ ۱-۱-۲ نمودارهای طراحی ..... ۵۰۷  
پ ۱-۲ روابط دیوارهای برشی کوپل با شرایط تکیه گاهی انعطاف پذیر ..... ۵۱۲  
پ ۱-۳ سختی تاوهای متصل به دیوارهای برشی ..... ۵۱۴  
پ ۱-۳-۱ عرض مؤثر تاوه ..... ۵۱۵  
پ ۱-۳-۲ روابط تجربی عرض مؤثر تاوه ..... ۵۱۹  
پ ۱-۳-۳ مثالهای عددی ..... ۵۲۳  
مراجع ..... ۵۲۶

**پیوست ۲: روابط و نمودارهای سازه‌های قاب- دیوار و هسته‌ها** ..... ۵۲۷  
پ ۲-۱ بارگذاری گسترده یکنواخت افقی ..... ۵۲۷  
پ ۲-۲ بارگذاری گسترده مثلثی افقی ..... ۵۳۰  
پ ۲-۳ بارگذاری متمرکز افقی در بالا ..... ۵۳۳

